

文章编号: 1000-0550(2008) 05-0828-05

苏州澄湖湖底硬粘土粒度特征及成因初探¹

付苗苗 戴雪荣 师育新 郑祥民

(华东师范大学资源与环境科学学院地理系 上海 200062)

摘要 澄湖是太湖平原上的一个浅水湖泊,湖底十分平坦,主要由硬粘土组成,同时发育有 NW—SE 横穿澄湖的古河道和泥沼洼地。在接近湖泊中心部位的古河道中打钻获得了 4 m 长的岩芯,并进行了详细的粒度分析。结果表明,该岩芯下部的硬粘土主要由细粉砂、中粉砂和粘土组成,分别占 26.7%~38.1%, 26.9%~34.3% 和 19.7%~26.2%,可命名为粘土质粉砂;众数粒径为 10~50 μm,平均占 57.9%;平均粒径为 6.3~6.9 φ。将其与上部的湖泊沉积、镇江下蜀黄土和中国北方各地黄土的粒度比较表明,苏州澄湖湖底的硬粘土原本也是风尘沉积。

关键词 澄湖 硬粘土 粒度 太湖平原 长江

第一作者简介 付苗苗 女 1983 年出生 硕士研究生 自然地理学

通讯作者 戴雪荣 E-mail: xrla@geo.ecnu.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

长江三角洲东部平原地区普遍埋藏有暗绿色或黄褐色硬粘土层 (hard clay)。有的钻孔岩芯中含几层硬粘土层,其物质组成主要是粉砂和粘土。关于埋藏硬粘土的成因,多年来一直存在着风成^[1,2]和水成^[3-5]的争论,而硬粘土的成因关系到中国东部沿海及大陆架地区冰期沉积的分布格局、季风的影响、沉积环境的演变等重大问题。本文试以长江三角洲南翼太湖平原上的一个浅水湖泊——澄湖为例,通过湖底硬粘土粒度特征的详细研究,探讨其成因类型。

1 研究区概况

澄湖地处苏州市东南约 23 km 处,与位于吴淞江以北的阳澄湖隔江相望。湖水总面积为 45.0 km²,蓄水量为 0.8×10⁸ m³,年平均水位变化于 2.3~3.2 m 之间(吴淞高程),长度为 10.4 km,最大宽度为 6.8 km (平均 4.3 km),最大水深为 3.2 m (平均 2.0 m),是一个浅水型湖泊^[6]。澄湖主要由降水补给,还有多条来水与出水的通道(图 1A)。澄湖湖底平坦,略向东南倾斜,主要由硬粘土组成。

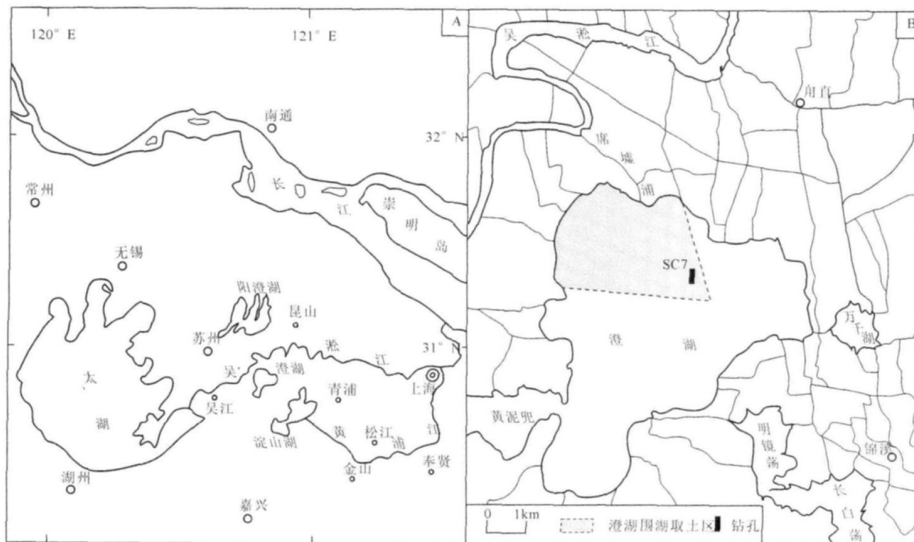


图 1 太湖平原中部的澄湖位置 (A) 及 SC7 钻孔位置 (B)

Fig. 1 Location of Chenghu Lake in the central Taihu Plain (A) and the coring site of SC7 (B)

¹ 国家自然科学基金项目 (批准号: 40571170) 资助。

收稿日期: 2007-10-29 收修修改稿日期: 2008-01-16

2 材料与方法

苏州市为修建苏沪高速公路, 曾于澄湖湖底取土。方式为先筑堰围湖, 后汲水取土, 取土厚度平均为 1.6 m, 取土区面积约 10 km²。该湖湖底十分平坦, 主要由硬粘土组成; 湖底残留有 NW—SE 向横穿澄湖的古河道和泥沼洼地。课题组在湖底的古河道内 (31°13′15.3″N, 120°49′50.8″E) 打钻取得长 4 m 的岩芯, 下称 SC7 孔 (图 1B)。该孔 0~3.36 m 为灰色、浅灰色粘土—粉砂质粘土, 含多层铁锈色夹层, 具水平层理, 为湖相沉积物; 3.36 m 以下为暗绿色、灰绿色硬粘土, 质地坚硬, 呈块状, 不具层理, 富含铁锰浸染斑痕及细小的铁锰结核, 新鲜断面上呈现花斑色调, 局部含有少量细小的植物根茎。本文所取的硬粘土在层位上相当于该地区第一硬粘土层的中段, 具有代表性。

将 SC7 孔按 2 cm 间隔取样, 共获得 198 个样品。实验步骤包括: 称取 0.06 g 代表性干样放入 100 mL 烧杯中, 加入 10% 过氧化氢 10 mL 除去有机质, 然后再加入 2% 六偏磷酸钠 10 mL 使其充分分散, 搅拌静置一昼夜。测试前先用 KQ-250DB 型数控超声波清洗器震荡 10 min。采用仪器为美国 Beckman Coulter 公司生产的 LS13320 型激光粒度仪。仪器测试范围为 0.04~2 000 μm, 重复测量误差 < ±1%。沉积物粒度参数根据 Folk 和 Ward 于 1957 年提出的公式计算, 主要包括平均粒径 (M_z)、偏度 (Sk)、峰态 (Kg)、标准偏差 (σ)。

3 结果与讨论

3.1 硬粘土粒度组成

粒度分析结果表明, 澄湖湖底硬粘土的粒度主要分布在 63 μm 以下, 约占 99%, 其中粘土含量占 19.7%~26.2%, 砂含量占 < 3.8%, 细粉砂和中粉砂含量较高, 分别占 26.7%~38.1% 和 26.9%~34.3%, 粗粉砂含量占 10.2%~21.5%。平均粒径在 6.3~6.9 φ 之间, 为粘土质粉砂。标准偏差在 1.76~1.89 之间, 分选较差。偏度在 0.35~0.48 之间。频率分布曲线图 (图 2) 表明, 粒度特点呈单众数, 极正偏, 无双峰或多峰。峰态在 0.97~1.07 之间, 峰态变化不大。

3.2 硬粘土与湖泊沉积的粒度比较

澄湖湖底硬粘土与其上层的湖泊沉积的粒度参数进行对比 (图 3): 硬粘土的平均粒径在 6.3~6.9 φ 之间, 湖泊沉积物的平均粒径在 6.8~7.6 φ 之间, 硬粘土的平均粒度偏粗; 硬粘土的偏度呈极正偏 (> 0.3), 湖泊沉积物呈正偏 (0.1~0.3)。结果表明, 澄湖湖底硬粘土与湖泊沉积物有很大的差别 (图 4)。

3.3 硬粘土与下蜀黄土、北方黄土的比较

澄湖湖底硬粘土与下蜀黄土的粒度参数对比 (表 1) 表明, 二者在粒度特征方面相近。

黄土粒度组成中以 10~50 μm 为主, 含量高达 50%, 成为众数粒组, 被称为“黄土粒组”^[8]。典型风尘沉积——洛川马兰黄土中 10~50 μm 粒级的含量

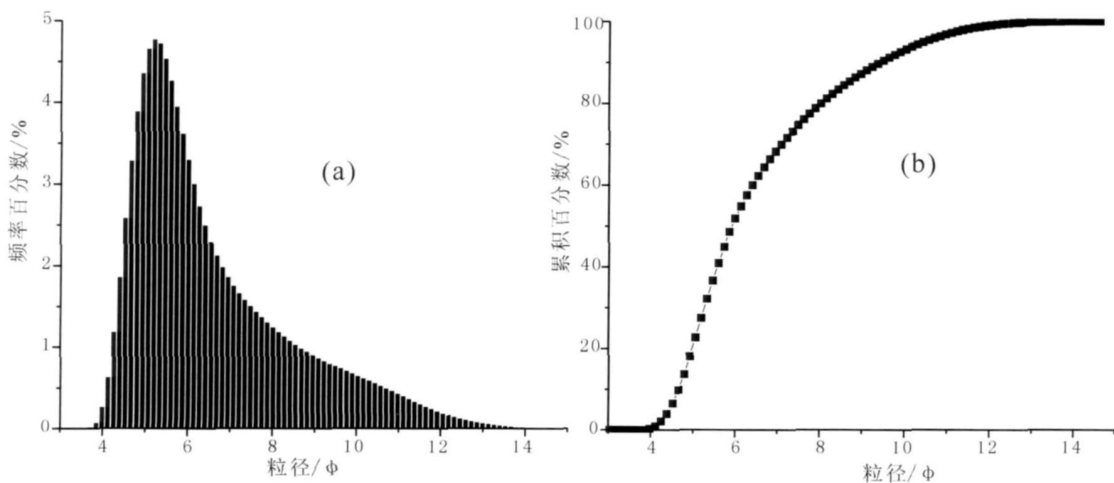


图 2 苏州澄湖湖底硬粘土粒度频率分布曲线 (a) 和累积曲线 (b)

Fig 2 The frequency distribution curve (a) and cumulative curve (b) of hard clay in the central area of Chenghu Lake

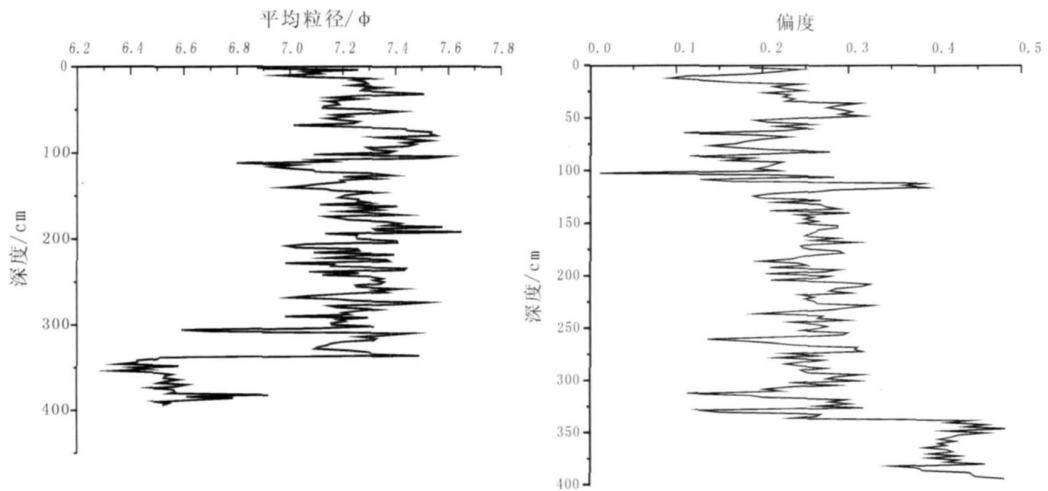


图 3 苏州澄湖湖底硬粘土(3.36~4m)与湖泊沉积物(0~3.36m)平均粒径及偏度对比

Fig. 3 The comparison of particle size parameters between hard clay in Chenghu Lake and Lake sediment

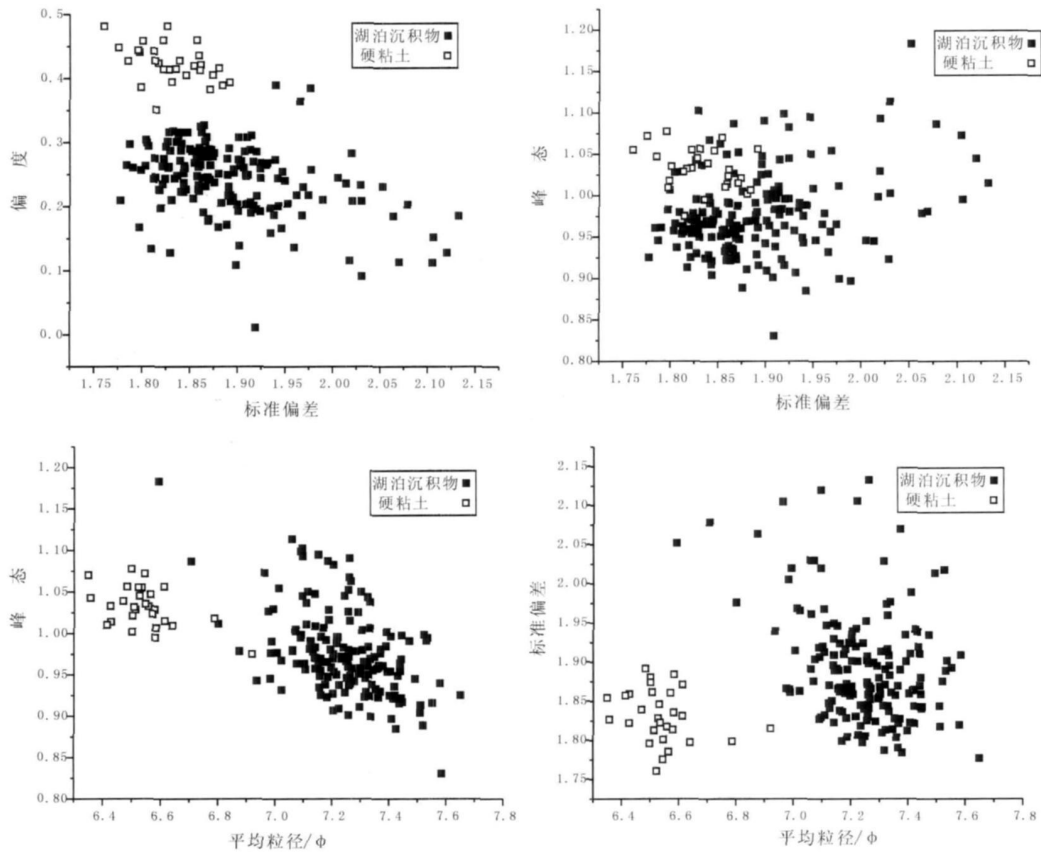


图 4 苏州澄湖湖底硬粘土与湖泊沉积物粒度结构散点图

Fig. 4 Statistical index of particle size distribution between hard clay in Chenghu Lake and lake sediment

表 1 苏州澄湖硬粘土与下蜀黄土^[7]的粒度参数对比

Table 1 The comparison of particle size parameters between hard clay in Chenghu Lake and Xishu loess

沉积类型	< 4 μ m %	4~63 μ m %	> 63 μ m %	Mz/ϕ	Sk	Kg	σ
下蜀黄土	25~30	60~70	< 3	6.27~7.23	0.4~0.6	0.6~0.9	1.7~3.0
硬粘土	19.7~26.2	73.7~79.7	< 3.8	6.3~6.9	0.35~0.48	0.97~1.07	1.76~1.89

在 53.3%^[8], 下蜀黄土中 10~50 μm 粒级的含量在 49.4%^[7]。澄湖湖底硬粘土粒度测试结果表明, 10~50 μm 的颗粒含量占 51.6%~62.9%, 平均为 57.9%, 成为其众数粒组。这说明澄湖湖底硬粘土很有可能是下蜀黄土的一部分。

据研究, 黄土中组分指示了中强程度风暴的粉尘输入, 细颗粒组分则指示了中性或较弱的大气条件的粉尘输入^[9]。对源自 1500 km 以外中国北部荒漠的现代大气降尘的研究揭示, 风尘中以 < 30 μm 的组分占优势^[8, 10]。我们也曾对上海春季两次典型沙尘天气湿降尘的粒度组成进行了分析, 表明 < 30 μm 的颗粒含量平均占 89.9%, 标准偏差为 1.59 分选性比典型风尘沉积——洛川马兰黄土要好, 反映经历了较长距离的搬运^[11]。本文中研究的澄湖湖底硬粘土中 < 16 μm 的含量平均约占了 52.7%, < 30 μm 的含量平均约占 83.2%, 5~50 μm 的颗粒含量平均占 71.1%, 所以可以据此推断澄湖湖底硬粘土的主体属于远源风尘物的粒度范围。其次, 标准偏差为 1.76~1.89 分选性也比典型风尘沉积——洛川马兰黄土^[8]要好, 同样反映经历了较长距离的搬运。

将澄湖硬粘土中粘土、粉砂和砂的百分含量做一岩性三角图(图 5), 发现澄湖湖底的硬粘土与下蜀黄土、中国北方黄土呈很好的延续关系。所以, 本文推断澄湖湖底硬粘土是风成的。

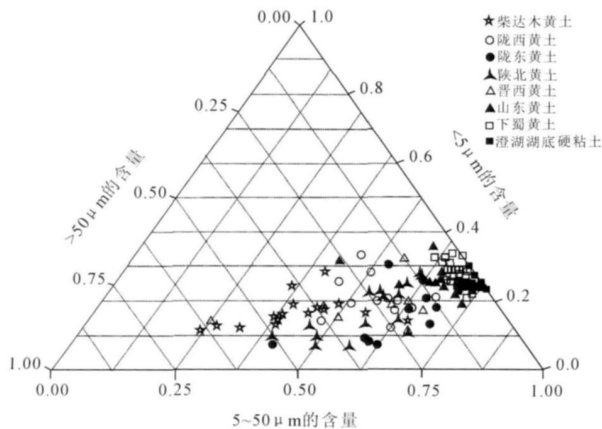


图 5 苏州澄湖湖底硬粘土与下蜀黄土^[7]和北方各地黄土^[12]岩性三角图

Fig. 5 The comparison of clay-silt-sand triangular plot among hard clay in Chenghu Lake, Xishu loess in Zhenjiang and the loess in northern China

4 结论

苏州澄湖是太湖平原上的一个浅水湖, 湖底由硬

粘土组成, 还有古河道与湖沼洼地分布。对接近湖泊中心部位古河道中长 4m 的岩芯进行了详细的粒度分析, 并将其下部硬粘土的粒度组成与其上部的湖泊沉积物、镇江下蜀黄土和中国北方各地的黄土进行比较, 结果表明澄湖湖底的硬粘土应该是风尘沉积。

致谢 管章志、赵敏、畅莉、史凯、周晶在野外样品采集和实验分析中提供了多方面的帮助。沈铭能老师在仪器使用和粒度分析中给予了热情指导。

参考文献 (References)

- 1 郑祥民, 俞立中. 上海地区晚更新世晚期暗绿色硬土层风积黄土成因说 [J]. 上海地质, 1991, 2: 13-20 [Zheng Xiangmin, Yu Lizhong. Aeolian deposit genesis of dark-green hard clay as Holocene basement strata in Shanghai Region [J]. Shanghai Geology 1991, 2: 13-20]
- 2 郑祥民, 严钦尚. 末次冰期苏北平原和东延海区的沙尘黄土沉积 [J]. 第四纪研究, 1995, 3: 258-266 [Zheng Xiangmin, Yan Qishang. Aeolian loess deposition during the last glacial period in the Northern Jiangsu Plain of the Yangtze Delta and western areas of the Yellow Sea and the East China Sea [J]. Quaternary Sciences 1995, 3: 258-266]
- 3 竹淑贞, 陈业裕, 孙永福, 等. 上海地区第四纪地层与古气候 [C] // 严钦尚等主编. 长江三角洲现代沉积研究. 上海: 华东师范大学出版社, 1987: 158-173 [Zhu Shuzhen, Chen Yeyu, Sun Yongfu, et al. The Quaternary Period and Paleoclimate in Shanghai Region [C] // Yan Qishang. Recent Yangtze Delta Deposits. Shanghai: East China Normal University Press, 1987: 158-173]
- 4 冯铭章. 关于长江三角洲地区浅部硬土层 [J]. 上海地质, 1980, 2: 44-45 [Feng Mingzhang. Hard Clay in Yangtze Delta [J]. Shanghai Geology, 1980, 2: 44-45]
- 5 陈庆强, 孙和平, 李从先. 长江三角洲南翼晚更新世古土壤及其成土环境 [J]. 同济大学学报, 1996, 24(1): 33-37 [Chen Qingqiang, Sun Heping, Li Congxian. Late Pleistocene paleosols and soil-forming environment at the Southern flank of the Yangtze Delta [J]. Journal of Tongji University, 1996, 24(1): 33-37]
- 6 王苏民, 窦鸿身, 主编. 中国湖泊志 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 290-291 [Wang Sumin, Dou Hongshen. Annals of Chinese Lakes [M]. Beijing: Science Press, 1998: 290-291]
- 7 李徐生, 杨达源, 鹿化煜. 镇江下蜀黄土粒度特征及其成因初探 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(1): 25-31 [Li Xusheng, Yang Dayuan, Lu Huayu. Grain-size features and genesis of Xishu Loess in Zhenjiang [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2001, 1: 25-31]
- 8 刘东生, 等著. 黄土与环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1985: 191-197 [Liu Dongsheng, et al. Loess and the Environment [M]. Beijing: Science Press, 1985: 191-197]
- 9 Pye K. Aeolian Dust and Dust Deposits [M]. Beijing: China Ocean Press, 1991: 1-37
- 10 Liu Dongsheng. A satellite image study on the dust storm at Beijing

- on April 17-21, 1980 Quaternary Environment of China[M]. Beijing: China Ocean Press, 1982: 49-52
- 11 师育新, 戴雪荣, 宋之光, 等. 上海春季沙尘与非沙尘天气大气颗粒物粒度组成与矿物成分[J]. 中国沙漠, 2006, 26(5): 780-785 [Shi Yuxin, Dai Xuerong, Song Zhiguang *et al*. Particle size distribution and mineral components of atmospheric particles collected in spring of Shanghai[J]. Journal of Desert Research, 2006, 26(5): 780-785]
- 12 刘东生等著. 中国的黄土堆积[M]. 中国科学院地质研究所第四纪地质研究室, 1965: 143-149 [Liu Dongsheng. Loess Accumulation in China[M]. The Quaternary Geological Laboratory in Institute of Geology of Chinese Academy of Sciences, 1965: 143-149]

The Particle Size Characteristics and Origin of Hard Clay in the Central Area of Chenghu Lake, Jiangsu Province, China

FU Miao-miao DAI Xue-rong SHI Yu-xin ZHENG Xiang-min
(School of Resources and Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract Chenghu is one of the shallow lakes in Taihu Plain, Jiangsu Province, China. The bottom of Chenghu is extremely flat, which is mainly composed of 'hard clay' (a kind of sediment consisting of silt and clay), and has been featured with a NW-SE paleo-channel in the middle and shallow swamps in the middle-west. Sediment record in these paleo-channel and swamps may become good archives spanning from the Last Glacial to the Post-glacial. This paper focuses on the hard clay of the lake bottom based on the study of the SC7 core (about 4 meters long) that drilled in the paleo-channel at the bottom of the lake. The composition of the particle-size of the hard clay is discussed in detail. The hard clay in Chenghu mainly consists of fine silt, medium silt and clay; the content of fine silt from 26.7% to 38.1%, that of medium silt from 26.9% to 34.3%, that of clay from 19.7% to 26.2%, which belongs to clayey silt. The 10~50 μm particle group is the "dominate group" of the hard clay in Chenghu with the average content of 57.9%. The mean particle-size is from 6.3 ϕ to 6.9 ϕ . Through the comparison of the particle-size characteristics among the hard clay in Chenghu, lake sediments, Xiashu Loess in Zhenjiang of Jiangsu Province and the northern China loesses in Qaidam, western Gansu, eastern Gansu, northern Shaanxi, western Shanxi and Shandong Province, we tend to conclude that the hard clay in Chenghu is of aeolian origin.

Key words Chenghu Lake; hard clay; particle size; Taihu Plain; Yangtze River